

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 61-097504

(43)Date of publication of application : 16.05.1986

(51)Int.Cl.

G01B 11/00

G01B 21/00

// G01B 21/20

(21)Application number : 59-220106

(71)Applicant : YAMAZAKI MAZAK CORP

(22)Date of filing : 19.10.1984

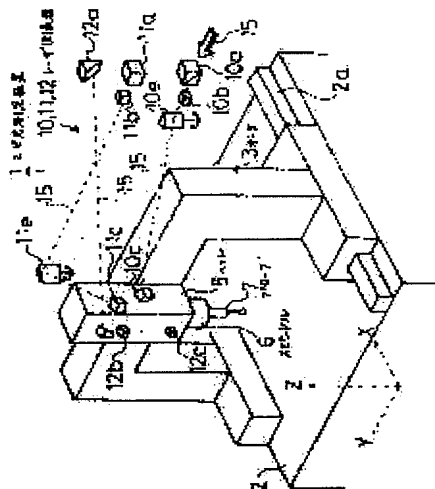
(72)Inventor : MIYAGAWA NAOTOMI
NAGASE SHINSUKE

(54) 3-D POSITION MEASUREMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To enable a highly accurate measurement, by measuring coordinate positions of a probe within a specified coordinate plane with a laser length measuring device from an external fixed point while those are measured along the axis of coordinate crossing the specified coordinate plane.

CONSTITUTION: A measuring device 1 has a table 2 for placing an object to be measured thereon and a girder 3 is so arranged to be freely driven to move in the X-axis way while a head 5 to be done so in the Y-axis way at the right angle to the X axis. A spindle 6 having a probe 7 at the tip thereof is provided on the head 5 in such a manner to be freely driving to move in the Z-axis way at the right angle to the X and Y axes. Then, coordinate positions of the probe 7 within a specified coordinate plane such as X-Y plane are measured from an external fixed point using triangulation with laser length devices 10 and 11 while those along the axis Z of coordinate crossing a specified coordinate plane X-Y are measured with a laser length measuring device 12 from the external fixed point likewise to compute coordinate positions in X, Y and Z coordinate spaces of the probe 7 with a distance computing section.



⑯ 公開特許公報(A)

昭61-97504

⑮ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑰ 公開 昭和61年(1986)5月16日

G 01 B 11/00

21/00

7625-2F

A-7517-2F

// G 01 B 21/20

7517-2F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全11頁)

⑱ 発明の名称 三次元位置測定方法

⑲ 特 願 昭59-220106

⑳ 出 願 昭59(1984)10月19日

㉑ 発 明 者 宮 川 直 臣 愛知県丹羽郡大口町大字小口字乗船1番地 株式会社山崎
鉄工所本社工場内
㉒ 発 明 者 長 瀬 新 助 愛知県丹羽郡大口町大字小口字乗船1番地 株式会社山崎
鉄工所本社工場内
㉓ 出 願 人 株式会社 山崎鉄工所 愛知県丹羽郡大口町大字小口字乗船1番地
㉔ 代 理 人 弁理士 相田 伸二 外1名

明細書

1. 発明の名称

三次元位置測定方法

2. 特許請求の範囲

プローブが移動機構により三次元空間内を自由に移動駆動され、該プローブにより被測定物の特定の点の座標位置を測定する三次元測定装置において、特定の座標平面内におけるプローブの座標位置をレーザ測長器により三角測量法を用いて、固定された外部定点から測定すると共に、前記特定の座標平面と交差する座標軸に沿った前記プローブの座標位置を、同様に固定された外部定点からレーザ測長器により測定することにより、プローブの三次元空間中での座標位置を求めるように構成した三次元位置測定方法。

3. 発明の詳細な説明

(a). 産業上の利用分野

本発明はレーザ光を用いて被測定物の所定の点の座標位置を測定する三次元測定装置に適用さ

れる三次元位置測定方法に関する。

(b). 従来の技術

第10図は、従来の三次元位置測定方法が用いられた三次元測定装置の一例を示す斜視図である。

従来、この種の三次元測定装置1は、第10図に示すように、例えばテーブル2上にガータ3がX軸方向に移動自在に設けられており、ガータ3にはヘッド5がX軸に直角なY軸方向に移動自在に設けられている。また、ヘッド5には、先端にプローブ7の装着されたスピンドル6がX及びY軸に直角な方向であるZ軸方向に移動自在に設けられている。テーブル2、ガータ3、ヘッド5には、ガータ3、ヘッド5、スピンドル6のそれぞれX軸、Y軸、Z軸の移動量を測定するためのリニアスケール9等の測定手段が設けられており、プローブ7の三次元空間中での座標位置は、プローブ7を支持移動する、ガータ3、ヘッド5及びスピンドル6の移動量を、リニアスケール9により測定することにより求めていた。

(c). 発明が解決しようとする問題点

しかし、こうした構造では、各リニアスケール9はそれぞれガータ3のX軸方向の、ヘッド5のY軸方向の、スピンドル6のZ軸方向の移動量を測定し、間接的にプローブ7の座標を演算する形となり、その測定値はガータ3、ヘッド5、スピンドル6に生じる熱変位、各構成部品の組み立て上の直角度、各座標軸に対する真直度の狂い等の機械的特性の影響を受けることになる。従って、実際のプローブ7の位置と、測定されたプローブ7の位置には少なからず誤差や測定値のバラツキ等が生じ、機械的特性を上回る測定精度の達成は不可能であった。

本発明は、前述の欠点を解消すべく、熱変位や各構成部品の組み立て上の直角度、各座標軸に対する真直度の狂い等の影響を排除した形での測定が可能で、機械的特性に左右されることのない高精度の測定が可能な三次元位置測定方法を提供することを目的とするものである。

(d). 問題点を解決するための手段

第1図は本発明による三次元位置測定方法の一実施例が適用された三次元測定装置の一例を示す斜視図、第2図は第1図の三次元測定装置における測定光学系を示す斜視図、第3図は第1図の三次元測定装置における補正光学系を示す斜視図、第4図はスピンドル付近の拡大図、第5図は第1図の三次元測定装置における駆動系の制御ブロック図、第6図は第1図の三次元測定装置における光学系の制御ブロック図、第7図は本発明による測定方法の一例を示す平面図、第8図は第7図の正面図、第9図は各軸の振れの補正方法を示す図である。

三次元測定装置1は、第1図に示すように、被測定物が載置されるテーブル2を有しており、テーブル2上にはガイドレール2aがX軸方向に設置されている。ガイドレール2aにはガータ3がX軸方向に移動駆動自在に設けられており、ガータ3にはヘッド5がX軸と直角なY軸方向に移動駆動自在に設けられている。ヘッド5には先端にプローブ7が装着されたスピンドル6がX軸及

即ち、本発明は、特定の座標平面内におけるプローブの座標位置をレーザ測長器により三角測量法を用いて、固定された外部定点から測定すると共に、前記特定の座標平面と交差する座標軸に沿ったプローブの座標位置を、同様に固定された外部定点からレーザ測長器により測定することにより、プローブの三次元空間中での座標位置を求めるようにして構成される。

(e). 作用

上記した構成により、本発明は、プローブの位置が特定の座標平面内でレーザ測長器により直接的に測定され、更に該座標平面に交差する座標軸に係わるプローブの座標位置がレーザ測長器により直接的に測定されて、三次元空間におけるプローブの座標位置がプローブを支持駆動する機械系の特性に左右されることなく測定されるように作用する。

(f). 実施例

以下、本発明の実施例を図面に基づき説明する。

びY軸に直角なZ軸方向に移動駆動自在に設けられている。

次に、三次元測定装置1の光学系について、説明する。三次元測定装置1は測定光学系OMSと補正光学系OASを有しており、測定光学系OMSは、第6図に示すように、3個のレーザ測長器10、11、12を有し、それ等測長器10、11、12にはレーザ発振器13がレーザ光15を測長器10のビームスプリッタ10aに供給自在に設置されている。各測長器10、11、12にはビームスプリッタ10a、11a、12aが設けられており、ビームスプリッタ10a、11a、12aにはそれぞれ干渉計10b、11b、12bを介してリトロリフレクタであるコーナキューブ10c、11c、12cが設けられている。また、各測長器10、11、12にはレシーバ10d、11d、12gが設けられている。更に、測定光学系OMSには補正光学系OASが接続されており、補正光学系OASには、Y-Z平面内のスピンドル6の振れを測定する振れ測定装置1

6、Z-X平面内のスピンドル6の振れを測定する振れ測定装置17及びZ軸方向の位置ズレを測定する位置ズレ測定装置19が設けられている。各振れ測定装置16、17及び位置ズレ測定装置19には集光レンズ16a、17a、19aを介してフォトダイオード16b、17b、19bが設けられており、各フォトダイオード16b、17b、19bには増幅器20がそれぞれ接続している。増幅器20には補正量演算部21を介して主制御部22が接続しており、主制御部22には表示制御部23、プローブ制御部25、レーザ制御部26等が接続している。表示制御部23にはディスプレイ27が接続し、プローブ制御部25にはプローブ7が、更にレーザ制御部26にはレーザ発振器13が接続している。一方、測定光学系OMSの各レシーバ10d、11d、12gには距離演算部29が接続しており、距離演算部29には前述の主制御部22が接続している。

次に三次元測定装置1における駆動制御系について説明する。前述の主制御部22には、第5

図に示すように、駆動制御部30が接続しており、駆動制御部30にはA/D変換器31を介してジョイスティックレバ等の移動方向指示手段32が接続している。また、駆動制御部30には、パルス分配器33、35及びパルス発生器36が接続しており、パルス分配器33及びパルス発生器36には3個の駆動回路37を介してX軸、Y軸及びZ軸駆動用のパルスモータ39、40、41が接続している。なお、パルスモータ39を駆動すると、ボールネジ42を介してガータ3がX軸方向に移動駆動され、パルスモータ40を駆動するとボールネジ43を介してヘッド5がY軸方向に移動駆動され、更にパルスモータ41を駆動するとボールネジ45を介してスピンドル6がZ軸方向に移動駆動される。

また、パルス分配器35には4個の駆動回路46を介して4個のミラー駆動用パルスモータ47、49、50、51が接続しており、パルスモータ47にはコーナキューブ11cが、第2図に示すように、X-Y面内で回転自在に設けられて

いる。パルスモータ49にはコーナキューブ10c及び、第2図に示すように、干渉計12bとビームスプリッタ12a間に設けられた3個の反射鏡12d、12e、12fのうちの反射鏡12e、更に補正光学系OASの反射鏡52が同軸上にX-Y面内で回転自在に設けられている。なお、これ等パルスモータ47、49は、Y軸方向に移動するヘッド5内に収納されている。また、パルスモータ50には、第2図に示すように、干渉計11bとコーナキューブ11c間に設けられた反射鏡11eがX-Y面内で回転駆動自在に設けられており、パルスモータ51には干渉計10bとコーナキューブ10c間に設けられた反射鏡10e、前述の反射鏡12d及び補正光学系OASの反射鏡53が同軸上にX-Y面内で回転自在に設けられている。なお、これ等パルスモータ50、51は移動するガータ3やヘッド5とは独立した、外部の固定された外部定点SPに設けられている。

ここで、測定光学系OMSと補正光学系OASにおける各反射鏡やコーナキューブ等の配置状

態を説明する。測定光学系OMSは前述の固定された外部定点SPに、第2図に示すように、レーザ発振器13からのレーザ光15を透過及び反射分配するビームスプリッタ10a、11a、12aが設けられており、更に干渉計10b、11b、レシーバ10d、11d、更に前述のパルスモータ50、51が反射鏡と共に設けられている。また、Y軸方向に移動するヘッド5上（ヘッド5に装着されたスピンドル6も含む。以下同様。）には、前述のパルスモータ47、49がコーナキューブ、反射鏡等と共に設けられており、更にレーザ測長器12を構成する干渉計12b、コーナキューブ12c、レシーバ12g、反射鏡12f等が設けられている。

また、補正光学系OASは、第3図に示すように、外部定点SPにパルスモータ51と共に設けられた反射鏡53を有し、更にヘッド5上にはパルスモータ49に装着された反射鏡52、更に2個のビームスプリッタ55、56を介して振れ測定装置16、17及び位置ズレ測定装置19が

設けられており、それらにおける各構成部品の位置関係は、第4図に示すように、ビームスプリッタ55、56がヘッド5上に固着されたブラケット5aに設けられ、振れ測定装置16、17はスピンドル6に設けられたブラケット6a上に設けられている。また、ブラケット5aには位置ズレ測定装置19及び干渉計12bも設けられ、更にブラケット6aにはコーナキューブ12cが設けられている。

三次元測定装置1は以上のような構成を有するので、テーブル2上に置かれた被測定物の特定の点の座標を測定する場合には、第5図に示すように、ジョイスティックレバ等の移動方向指示手段32を操作してプローブ7をX、Y、Z軸の適宜な方向に移動駆動する。即ち、移動方向指示手段32を操作することにより、A/D変換器31を介して駆動制御部30にプローブ7の移動方向が指示されるので、駆動制御部30はパルス分配器33及びパルス発生器36に移動方向指示手段32に指示された方向への適宜な駆動パルスDP

の分配及び出力を指令し、パルス分配器33及びパルス発生器36はそれを受けて各駆動回路37に駆動パルスDPを出力する。各駆動回路37は駆動パルスDPの量に応じて各パルスモータ39、40、41を回転駆動してボールネジ42、43、45を介してガータ3、ヘッド5及びスピンドル6をそれぞれX、Y、Z軸方向に移動させる。すると、スピンドル6先端に装着されたプローブ7もX、Y、Z軸方向に移動して、被測定物の測定点に徐々に接近してゆく。こうして、移動するプローブ7が被測定物の特点の点に接触すると、プローブ7から信号S1がプローブ制御部25を介して主制御部22に出力され、主制御部22は、距離演算部29及び補正量演算部21にプローブ7の座標値の演算を指令する。

ここで、三次元測定装置1の測定方法を説明しておく。まず、主制御部22は、第6図に示すように、レーザ制御部26を介してレーザ発振器13を駆動し、レーザ発振器13からレーザ光15をレーザ測長器10のビームスプリッタ10a

に発射する。レーザ光15はビームスプリッタ10aにより一部はビームスプリッタ10aを透過して干渉計10bに入射し、そこで測定光と参照光に分離され、測定光は、第2図における反射鏡10eを介してコーナキューブ10cに入射し、そこで同一入射角で反射鏡10e側に反射されて干渉計10bに再度入射する。干渉計10bでは、再度入射した測定光と参照光を干渉させて干渉縞を発生させ、その干渉縞をレシーバ10dにより受光して距離演算部29が干渉計10bからコーナキューブ10cまでの距離LL1を演算する。レーザ測長器10等による距離の測定方法については、すでに多くの商品が流通しており、本発明による三次元測定装置1もそうした公知のレーザ測長器の利用が可能なので、ここではその概略だけを述べて詳細な説明は省略する。

また、レーザ光15の一部はビームスプリッタ10aで反射されてビームスプリッタ11aに入射し、レーザ測長器11により干渉計11b、反射鏡11e、コーナキューブ11c間の距離L

L2が測定される。なお、レーザ光15は外部点SPから移動するヘッド5上に設けられたコーナキューブ10c、11cに入射し、更に外部点SPの干渉計10b、11bに入射するが、コーナキューブ10c、11cを駆動するパルスモータ49、47、反射鏡10e、11eを駆動するパルスモータ51、50は、第5図に示すように、駆動制御部30によりX、Y軸のパルスモータ39、40を駆動する駆動量に応じてそのレーザ光15の光軸が一定となるように制御されるので、レーザ光15はヘッド5及びガータ3のY、X方向の移動にも拘わらず、コーナキューブ10c、11cの一定の点で受光反射され、従ってレーザ測長器10、11は常に適正な距離LL1、LL2を測定することが出来る。

レーザ測長器10、11は、第7図及び第8図に示すように、X-Y面内におけるプローブ7の座標位置を測定演算するが、この際の測定演算は三角測量法に基づいて行われる。即ち、プローブ7のX-Y面内における装着点PXYからコー

ナキューブ10c、11cまでのX軸方向の距離を、第7図に示すように、P4とし、装着点PXYからコーナキューブ10cまでのY軸方向の距離をP5、更にコーナキューブ10cからコーナキューブ11cまでのY軸方向の距離をP2とし(コーナキューブ10c、11cは同一X座標上にあるものとする。)、また、反射鏡10e、11e間のY軸方向の距離をP1とし、反射鏡10eとコーナキューブ10c間の距離を $\ell 1$ 、反射鏡11eとコーナキューブ11c間の距離を $\ell 2$ とし、反射鏡10e、11e間の距離P1を底辺とした三角形ADEを考える。また、反射鏡10eと干渉計11b間のY軸方向の距離を、第8図に示すように、P3とすると、距離LL1、LL2は、

$$LL1 = \ell 1 + P3$$

$$LL2 = \ell 2 + P1 + P3$$

従って、

$$\ell 1 = LL1 - P3$$

$$\ell 2 = LL2 - P1 - P3$$

そこで一部のレーザー光15はレーザー測長器12に入射して、第2図に示すように、外部定点SPに設けられた反射鏡12d、Y方向に移動するヘッド5に設けられた反射鏡12e、12f、更にはブラケット5a上に設けられた干渉計12bを介して、Z軸方向に移動駆動されるスピンドル6にブラケット6aを介して装着されたコーナキューブ12cに入射し、レシーバ12gにより受光されて、干渉計12bとコーナキューブ12c間のZ軸方向の距離LL3を測定する。今、干渉計12bの位置をZ軸方向の原点とすると、プローブ7のZ座標 z' は、

$$z' = LL3 + P6 = \ell 3 \quad \dots\dots(3)$$

となる(P6はコーナキューブ12cとプローブ7の中心までのZ軸方向の距離)。

こうして、(1)、(2)、(3)式からプローブ7のX、Y、Z座標空間中での座標位置 x' 、 y' 、 z' が距離演算部29により演算される。次に、今度はそれら演算された値に対する補正動作を行う。即ち、可動部分の動きによるガータ3の上下方向

$\triangle ADE$ と $\triangle ABC$ が相似であるので、 $AB = \alpha$ 、 $AC = \beta$ として、

$$\alpha = P2 \cdot \ell 1 / (P1 - P2)$$

$$\beta = P2 \cdot \ell 2 / (P1 - P2)$$

これにより、 $\triangle ADE$ の各辺の長さが与えられ、角 $ADE = \theta$ とすると、

$$\theta = \cos^{-1} \left[\frac{(\ell 1 + \alpha)^2 + P1^2 - (\ell 2 + \beta)^2}{2(\ell 1 + \alpha)(\ell 2 + \beta)} \right]$$

これにより、反射鏡10eの置かれたX-Y座標の原点Dを基準とする、コーナキューブ10cの点Bの座標位置 x 、 y は、

$$x = \ell 1 \cdot \sin \theta$$

$$y = \ell 1 \cdot \cos \theta$$

従って、プローブ7の装着点PXYの座標を x' 、 y' とすると、

$$x' = \ell 1 \cdot \sin \theta + P4 \quad \dots\dots(1)$$

$$y' = \ell 1 \cdot \cos \theta + P5 \quad \dots\dots(2)$$

となる。

なお、ビームスプリッタ11aを透過したレーザー光15は、ビームスプリッタ12aに入射し、

の微小変位、倒れ、スピンドル6の上下移動に伴う、Z-X、Y-Z平面内での振れ等を測定して、その値から(1)、(2)、(3)式で求めたプローブ7の座標位置を補正する(レーザー測長器10、11、12により測定される距離は、プローブ7そのもののまでの距離ではなく、プローブ7に対して所定距離P4、P5、P6だけ離れた位置の座標なので、ガータ3、ヘッド5、スピンドル6の振れ等によりプローブ7の実際の座標位置がレーザー測長器10、11、12によって演算された座標位置に対してズレる可能性が有る。)

即ち、第6図に示すように、ビームスプリッタ12aを透過したレーザー光15は、ビームスプリッタ55、56により振れ測定装置16、17及び位置ズレ測定装置19に入射し、集光レンズ16a、17a、19aを介して各フォトダイオード16b、17b、19bに入射する。フォトダイオード16b、17bは、第4図に示すように、プローブ7が装着されたスピンドル6のブラケット6aに設けられており、レーザー光15は、

第3図に示すように、外部定点SPから反射鏡57、53、ヘッド5の反射鏡52を介して、ビームスプリッタ55、56に入射し、一部は、Y方向に測定の方向性を有するフォトダイオード16bに、一部は、X方向に測定の方向性を有するフォトダイオード17bに入射する。また、残りのレーザ光15は、ブラケット5a上に設けられた位置ズレ測定装置19の、Z方向に測定の方向性を有するフォトダイオード19bに入射する。補正量演算部21は、各フォトダイオード16b、17b、19bの出力から、第9図に示すように、プローブ7の三次元空間中における装着位置PX、YZに対する補正值 ϵ_x 、 ϵ_y 、 ϵ_z を求め、主制御部22に出力する。主制御部22は補正值 ϵ_x 、 ϵ_y 、 ϵ_z と距離演算部29から出力されるプローブ7の座標値 x' 、 y' 、 z' から、各三次元測定装置1固有の組み付け誤差、テーブル2の平面度等の機械固有の補正值 α_x 、 α_y 、 α_z をも考慮して、補正後のプローブ7の座標値X、Y、Zを(第9図における、Z軸方向のズレ角 $\gamma \approx 2^\circ$ 程度であ

るので、 $\cos \gamma \approx 1$ として、Z-X、Y-Z平面内における揺れの、Z座標値への影響は無視する。)

$$X = l_1 \cdot \sin \theta + P_4 \pm \epsilon_x + \alpha_x$$

$$Y = l_1 \cdot \cos \theta + P_5 \pm \epsilon_y + \alpha_y$$

$$Z = l_3 \pm \epsilon_z + \alpha_z$$

(±は測定点、移動方向により選択する)

とする。

なお、補正光学系OASの各反射鏡53、52も、第3図に示すように、パルスモータ51、49によりガータ3及びヘッド5のX、Y方向の移動に連動する形で、レーザ光15の光軸がビームスプリッタ55、56に対して変化しないように回転駆動されるので、常に適正な補正值 ϵ_x 、 ϵ_y 、 ϵ_z の演算が可能となる。

なお、主制御部22において演算されたプローブ7の座標値X、Y、Zは、表示制御部23を介してディスプレイ27上に表示される。

また、上述の実施例においては、X-Y平面内におけるプローブ7の装着位置を、三角測量法により基準となる $\triangle ADE$ の3辺の長さを求め、

それにより角度 θ を求めることにより求めたが、プローブ7の座標位置は三角測量法により求める限りどのような方法で求めてもよく、三角形の決定条件である1辺の長さとその両端の角度、2辺の長さとその挟角を測定することにより基準となる三角形を決定し、それにより、座標位置を演算するように構成することも当然可能である。

(g). 発明の効果

以上、説明したように、本発明によれば、X-Y平面等の特定の座標平面内におけるプローブ7の座標位置をレーザ測長器10、11により三角測量法を用いて、固定された外部定点SPから測定すると共に、前記特定の座標平面と交差するZ軸等の座標軸に沿ったプローブの座標位置を、同様に固定された外部定点SPからレーザ測長器12により測定することにより、プローブ7の三次元空間中での座標位置を求めるようにしたので、プローブ7の三次元空間中での座標位置を直接測定することが出来、ガータ3、ヘッド5及びスピンドル6のX、Y、Z軸方向の移動量を測定する

場合に見られた、熱変位や各構成部品の組み立て上の直角度、各座標軸に対する真直度の狂いの影響を排除した形での測定が可能となり、三次元測定装置1の機械的特性に左右されることのない高精度の測定が可能となる。

4. 図面の簡単な説明

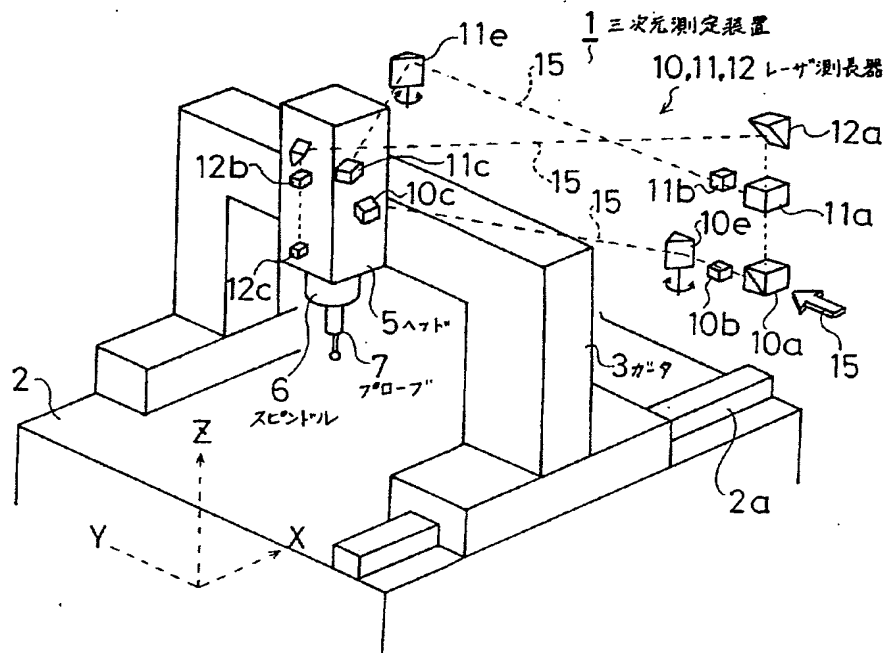
第1図は本発明による三次元位置測定方法の一実施例が適用された三次元測定装置の一例を示す斜視図、第2図は第1図の三次元測定装置における測定光学系を示す斜視図、第3図は第1図の三次元測定装置における補正光学系を示す斜視図、第4図はスピンドル付近の拡大図、第5図は第1図の三次元測定装置における駆動系の制御ブロック図、第6図は第1図の三次元測定装置における光学系の制御ブロック図、第7図は本発明による測定方法の一例を示す平面図、第8図は第7図の正面図、第9図は各軸の揺れの補正方法を示す図、第10図は、従来の三次元測定装置の一例を示す斜視図である。

1 …… 三次元測定装置

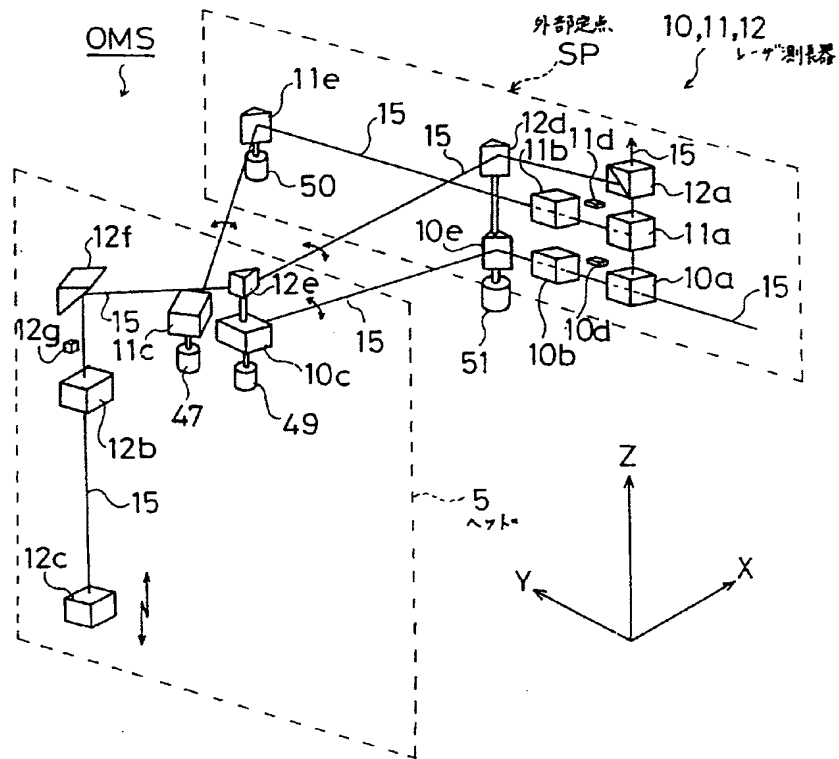
- 3 …… 移動機構 (ガータ)
 5 …… 移動機構 (ヘッド)
 6 …… 移動機構 (スピンドル)
 7 …… プローブ
 10、11、12 …… レーザ測長器
 S P …… 外部定点

出願人 株式会社 山崎鉄工所
 代理人 弁理士 相田 伸二
 (ほか1名)

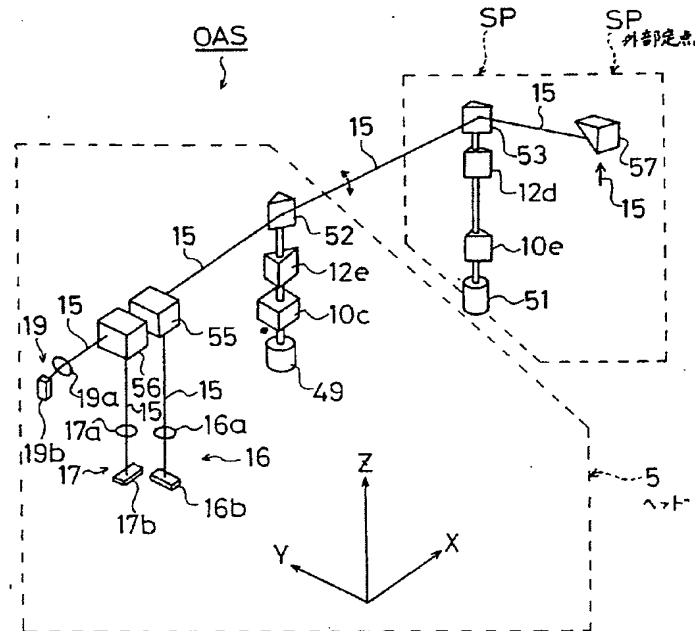
第 1 図

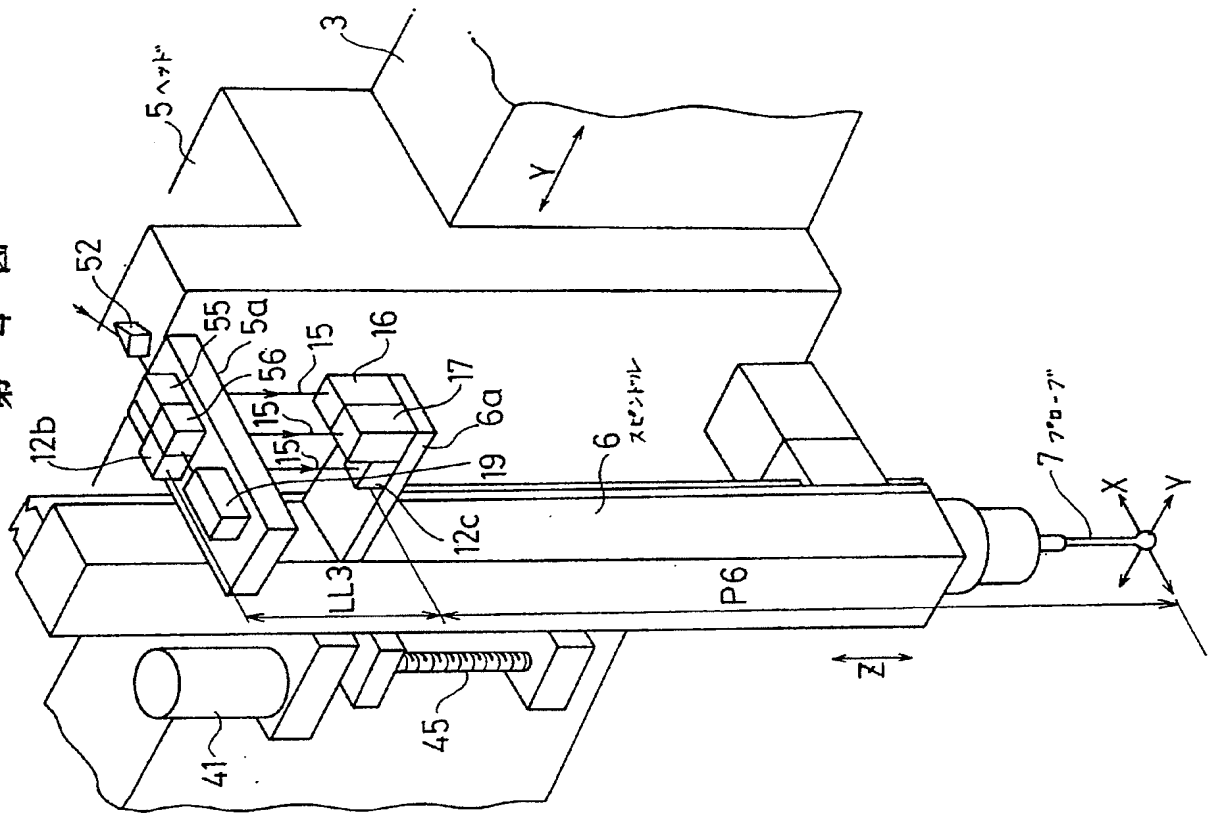


第 2 図

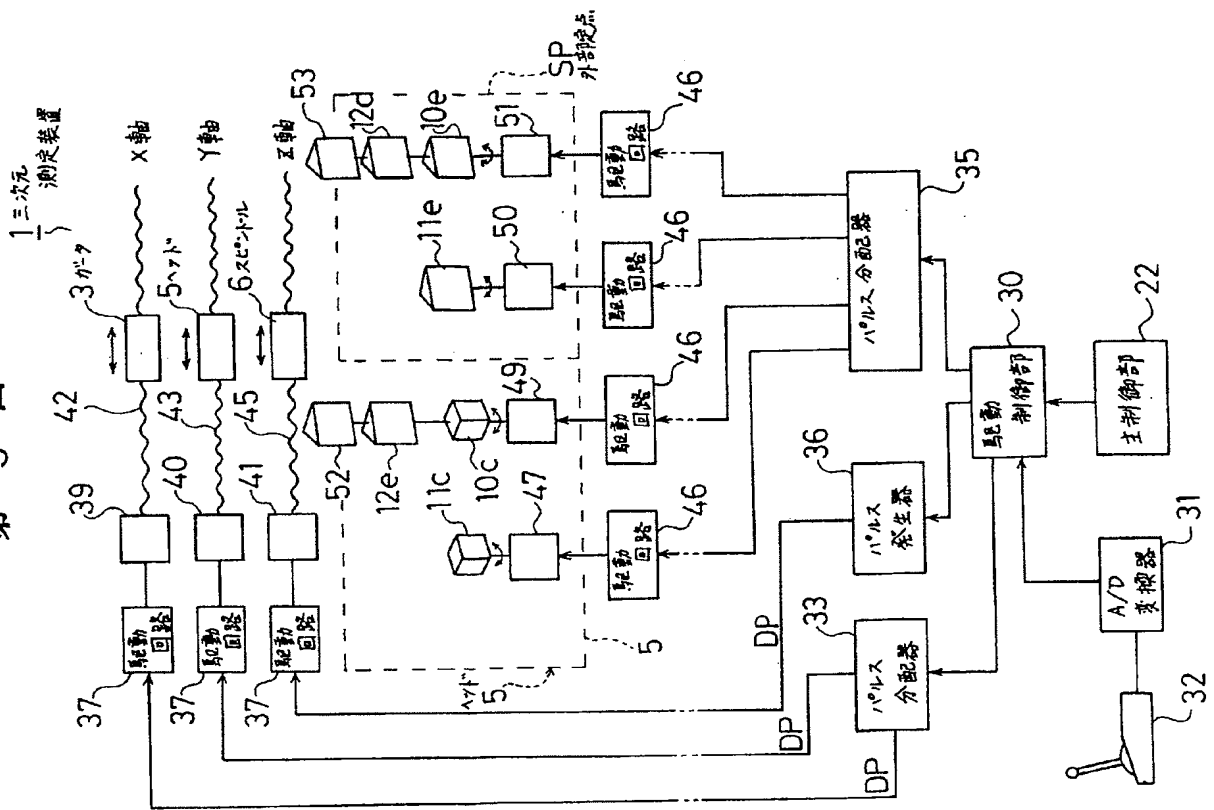


第 3 図

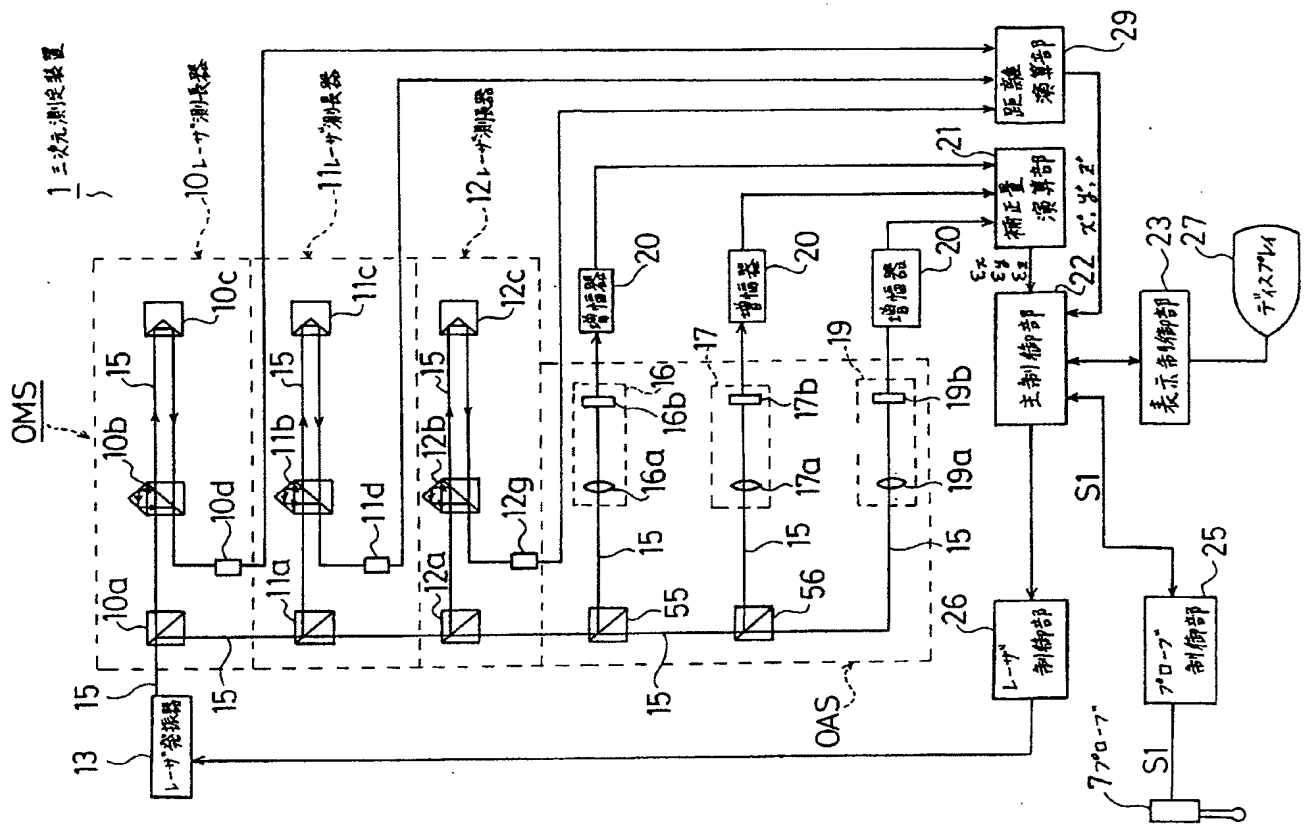




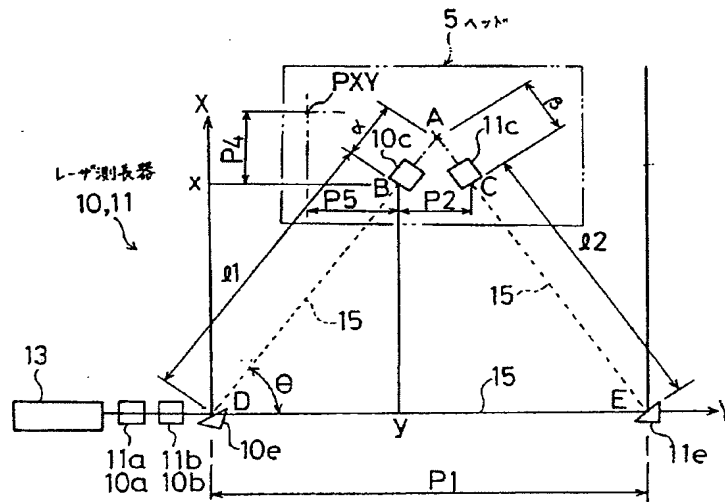
五 集



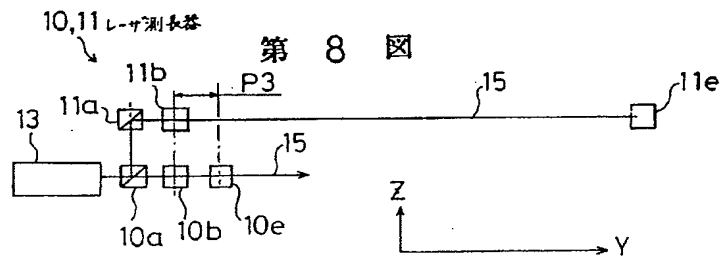
第 6 圖



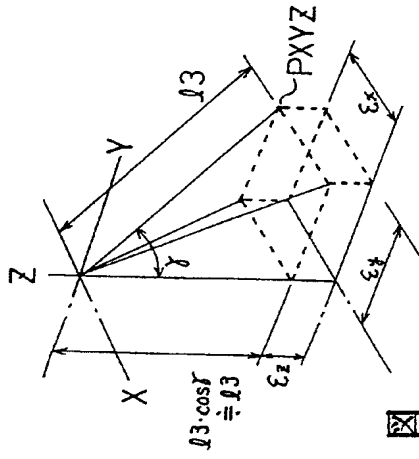
第 7 図



第 8 図



六 缺



第 10 区

